

**Заключительный (очный) этап научно-образовательного соревнования
Олимпиады школьников «Шаг в будущее» по профилю «Инженерное дело» специализации
«Профессор Жуковский» (общеобразовательный предмет физика), весна 2019 г.
9 класс**

Вариант 7

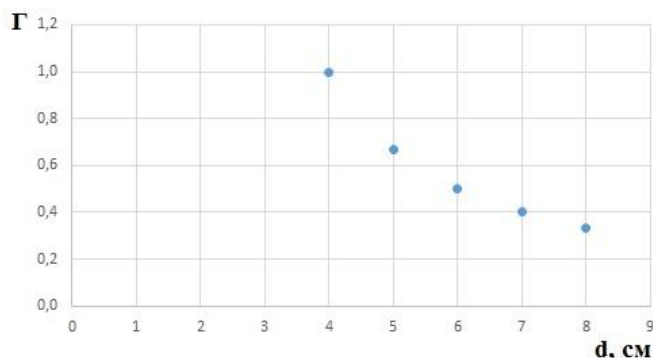
1. (10 баллов). Первую четверть пути поезд шел со скоростью в $k = 1,5$ раза большей, чем оставшуюся часть пути. Какова скорость на втором участке пути, если средняя скорость прохождения всего пути равна $v_{cp} = 12$ м/с?

2. (15 баллов). В калориметр, содержащий 2 кг воды при температуре 20 °С, бросили кусок льда массой 1 кг, в центре которого вморожен стальной шарик массой 50 г. Температура льда 0 °С. Утонет ли стальной шарик после установления теплового равновесия? Плотность льда 900 кг/м³, плотность воды 1000 кг/м³, плотность стали 7800 кг/м³.

3. (10 баллов). Тело горизонтально бросили с башни. Через $t = 2$ с его скорость увеличилась в $k = 4$ раза. С какой скоростью V_0 бросили тело?

4. (15 баллов). Если к батарее подключен только первый вольтметр, то он показывает 4 В. Если подключен только второй - то он показывает 4,5 В. Если к батарее подключены последовательно оба этих вольтметра, то вместе они показывают 5 В. Какими будут показания этих двух вольтметров, если их подключить к этой же батарее параллельно?

5. (25 баллов). Экспериментально определенная зависимость между увеличением тонкой собирающей линзы, и расстоянием от линзы до объекта показана на рисунке. Определите фокусное расстояние линзы.



6. (25 баллов). Тело брошено вертикально вверх от поверхности некоторой планеты. На высоте 2 м оно имело скорость 8 м/с, на высоте 4 м его скорость была 4 м/с. Какова максимальная высота подъема тела?

Решение варианта 7

1. (10 баллов). Первую четверть пути поезд шел со скоростью в $k = 1,5$ раза большей, чем оставшуюся часть пути. Какова скорость на втором участке пути, если средняя скорость прохождения всего пути равна $v_{cp} = 12$ м/с?

Возможное решение: Время прохождения всего пути s

$$\tau = \frac{s}{V_{cp}},$$

Время прохождения первой части пути

$$\tau_1 = \frac{s}{4kV_{cp}}.$$

Скорость на втором участке пути

$$V_2 = \frac{3s}{4(\tau - \tau_1)} = \frac{3}{\left(\frac{4}{V_{cp}} - \frac{1}{kV_{cp}}\right)} = \frac{3kV_{cp}}{4k - 1} = 10,8 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$$

Ответ: $V_2 = \frac{3kV_{cp}}{4k-1} = 10,8 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$

Критерии оценивания решения:

Выполнение	Балл
Участник не приступал к заданию или выполнил его с самого начала неверно	0
Записано выражение для времени прохождения всего пути	3
Записано выражение для времени прохождения первой части пути	3
Получен результат в общем виде	2
Задание выполнено полностью, получен результат в виде числа	2
Всего баллов	10

2. (15 баллов). В калориметр, содержащий 2 кг воды при температуре 20 °С, бросили кусок льда массой 1 кг, в центре которого заморожен стальной шарик массой 50 г. Температура льда 0 °С. Утонет ли стальной шарик после установления теплового равновесия? Плотность льда 900 кг/м³, плотность воды 1000 кг/м³, плотность стали 7800 кг/м³.

Возможное решение: Для ответа на вопрос задачи нужно выяснить, весь ли лед растает, а если не весь, то какова плотность оставшегося тела. Для расплавления всего льда потребуется количество теплоты, равное

$$Q_1 = \lambda m = 340 \text{ кДж}.$$

При охлаждении вода может выделить количество теплоты, равное

$$Q_2 = cm'\Delta t = 168 \text{ кДж}.$$

Этого количества теплоты хватит на расплавление льда, массой

$$m'' = m \frac{Q_2}{Q_1} = 0,494 \text{ кг}$$

Плотность оставшегося тела

$$\rho = \frac{(m - m'') + m_{\text{ст}}}{\frac{(m - m'')}{\rho_{\text{л}}} + \frac{m_{\text{ст}}}{\rho_{\text{ст}}}} = \frac{0,506 + 0,05}{\frac{0,506}{900} + \frac{0,05}{7800}} = \frac{0,511}{5,67 \cdot 10^{-4}} \approx 901 \text{ кг/м}^3 < \rho_{\text{воды}}$$

Ответ: Шарик остается замороженным в лед и не тонет.

Критерии оценивания решения:

Выполнение	Балл
Участник не приступал к заданию или выполнил его с самого начала неверно	0
Определены количества теплоты, необходимое для плавления всего льда и отдаваемое водой при охлаждении до 0 °С	6
Определена масса оставшегося льда	4
Определена плотность системы "лед – шарик"	3
Сделан вывод о том, что шарик заморожен в лед и не тонет	2
Всего баллов	15

3. (10 баллов). Тело горизонтально бросили с башни. Через $t = 2$ с его скорость увеличилась в $k = 4$ раза. С какой скоростью V_0 бросили тело?

Возможное решение: Скорость тела рассчитывается как

$$V = \sqrt{V_0^2 + g^2 t^2}$$

По условию задачи

$$15V_0^2 = g^2 t^2$$

$$V_0 = \sqrt{\frac{g^2 t^2}{15}} \approx 5,1 \text{ м/с}$$

Ответ: $V_0 = \sqrt{\frac{g^2 t^2}{15}} \approx 5,1 \text{ м/с}$

Критерии оценивания решения:

Выполнение	Балл
Участник не приступал к заданию или выполнил его с самого начала неверно	0
Записано общее выражение для скорости тела	3
Записано уравнение для расчета скорости	3
Получен результат в общем виде	2
Задание выполнено полностью, получен результат в виде числа	2
Всего баллов	10

4. (15 баллов). Если к батарее подключен только первый вольтметр, то он показывает 4 В. Если подключен только второй - то он показывает 4,5 В. Если к батарее подключены последовательно оба этих вольтметра, то вместе они показывают 5 В. Какими будут показания этих двух вольтметров, если их подключить к этой же батарее параллельно?

Возможное решение: Показание неидеального вольтметра равно произведению протекающего через него тока на его сопротивление. Будем считать, что внутреннее сопротивление батареи r , а ее ЭДС равна \mathcal{E} . Сопротивление первого вольтметра R_1 , а второго вольтметра R_2 . В первом эксперименте напряжение на первом вольтметре равно

$$U_1 = \frac{\mathcal{E}R_1}{R_1 + r} = \frac{\mathcal{E}}{1 + \frac{r}{R_1}}.$$

Во втором эксперименте напряжение на втором вольтметре равно

$$U_2 = \frac{\mathcal{E}R_2}{R_2 + r} = \frac{\mathcal{E}}{1 + \frac{r}{R_2}}.$$

В третьем эксперименте суммарное напряжение на двух последовательно включенных вольтметрах равно

$$U_3 = \frac{\mathcal{E}(R_1 + R_2)}{R_1 + R_2 + r} = \frac{\mathcal{E}\left(\frac{R_1}{r} + \frac{R_2}{r}\right)}{\frac{R_1}{r} + \frac{R_2}{r} + 1}.$$

Решая систему из трех уравнений с тремя неизвестными r/R_1 , r/R_2 , \mathcal{E} , получим значения неизвестных: $r/R_1 = 0,5$; $r/R_2 \approx 0,33$; $\mathcal{E} = 6$ В.

Показания вольтметров при их одновременном и параллельном подключении к этой же батарее получим из выражения

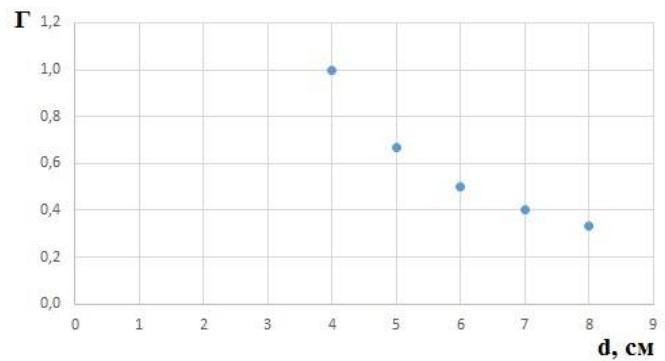
$$U_4 = \frac{\mathcal{E}r}{r + \frac{R_1R_2}{R_1 + R_2}} = \frac{\mathcal{E}}{1 + \frac{R_1R_2}{r(R_1 + R_2)}} = \frac{\mathcal{E}}{1 + \frac{1}{\frac{r}{R_1} + \frac{r}{R_2}}} \approx 3,27 \text{ В.}$$

Ответ: $U_4 = \frac{\mathcal{E}r}{r + \frac{R_1R_2}{R_1 + R_2}} = \frac{\mathcal{E}}{1 + \frac{R_1R_2}{r(R_1 + R_2)}} = \frac{\mathcal{E}}{1 + \frac{1}{\frac{r}{R_1} + \frac{r}{R_2}}} \approx 3,27 \text{ В.}$

Критерии оценивания решения:

Выполнение	Балл
Участник не приступал к заданию или выполнил его с самого начала неверно	0
Записаны уравнения для напряжений в трех экспериментах	3
Решена система уравнений, получены значения в виде числа или в общем виде	5
Получен результат в общем виде	5
Задание выполнено полностью, получен результат в виде числа	2
Всего баллов	15

5. (25 баллов). Экспериментально определенная зависимость между увеличением тонкой собирающей линзы, и расстоянием от линзы до объекта показана на рисунке. Определите фокусное расстояние линзы.



Возможное решение: Из графика видно, что увеличение, равное единице, достигается при расстоянии 4 см. Из уравнения тонкой линзы

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$$

следует, что линейное увеличение линзы, определяемое как отношение линейных размеров изображения и объекта, связано с расстоянием от линзы до объекта и фокусным расстоянием линзы как:

$$\Gamma = \frac{f}{d} = \frac{F}{d - F}.$$

Из этих выражений также следует, что $\Gamma = 1$ при $d = f = 2F$. На графике видно, что при $\Gamma = 1$, расстояние $d = 4$ см, а значит, фокусное расстояние линзы $F = 2$ см.

Правильным также будет решение, в котором будет проведен расчет по формуле для увеличения линзы с использованием любой точки графика, например, при $d = 7$ см и $\Gamma = 0,4$.

$$F = \frac{\Gamma d}{1 + \Gamma} = 2 \text{ см}.$$

Ответ: $F = 2$ см

Критерии оценивания решения:

Выполнение	Балл
Участник не приступал к заданию или выполнил его с самого начала неверно	0
Записано уравнение тонкой линзы	4
Записано выражение для расчета увеличения линзы через фокусное расстояние и расстояние от линзы до объекта	8
Показано, что единичное увеличение достигается при расположении объекта на двойном фокусном расстоянии от линзы	5
Получено выражение в общем виде для фокусного расстояния или использована точка $\Gamma = 1$	5
Задание выполнено полностью, получен результат в виде числа	2
Всего баллов	25

6. (25 баллов). Тело брошено вертикально вверх от поверхности некоторой планеты. На высоте 2 м оно имело скорость 8 м/с, на высоте 4 м его скорость была 4 м/с. Какова максимальная высота подъема тела?

Возможное решение: Обозначим ускорение свободного падения у поверхности планеты как g , высоты h и скорости V на поверхности с индексом "0", на высоте 2 м – с индексом "1", на высоте 4 м – с индексом "2". На высоте h_1 имеем

$$h_1 = \frac{V_0^2 - V_1^2}{2g}$$

Ускорение свободного падения

$$g = \frac{V_0^2 - V_1^2}{2h_1}.$$

Максимальная высота подъема тела

$$H = h_1 + \frac{V_1^2}{2g} = h_1 + \frac{V_1^2(h_2 - h_1)}{V_2^2 - V_1^2} \approx 4,67 \text{ м}$$

Ответ: $H = h_1 + \frac{V_1^2(h_2 - h_1)}{V_2^2 - V_1^2} \approx 4,67 \text{ м}$

Критерии оценивания решения:

Выполнение	Балл
Участник не приступал к заданию или выполнил его с самого начала неверно	0
Записано уравнение для скорости на высоте 2 м	7
Записано выражение для ускорения свободного падения	7
Получен результат в общем виде	7
Задание выполнено полностью, получен результат в виде числа	4
Всего баллов	25